

University of Groningen

Rh-Catalyzed Asymmetric Hydrogenation of Prochiral Olefins with a Dynamic Library of Chiral TROPOS Phosphorus Ligands

Monti, Chiara; Gennari, Cesare; Piarulli, Umberto; Vries, Johannes G. de; Vries, André H.M. de; Lefort, Laurent

Published in:
Chemistry

DOI:
[10.1002/chem.200500464](https://doi.org/10.1002/chem.200500464)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2005

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Monti, C., Gennari, C., Piarulli, U., Vries, J. G. D., Vries, A. H. M. D., & Lefort, L. (2005). Rh-Catalyzed Asymmetric Hydrogenation of Prochiral Olefins with a Dynamic Library of Chiral TROPOS Phosphorus Ligands. *Chemistry*, 11(22). <https://doi.org/10.1002/chem.200500464>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

CHEMISTRY

A EUROPEAN JOURNAL

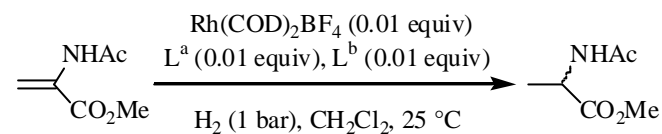
Supporting Information

© Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 69451 Weinheim, 2005

**Rh-Catalysed Asymmetric Hydrogenation of Prochiral Olefins with a
Dynamic Library of Chiral Tropos Phosphorus Ligands**

Chiara Monti, Cesare Gennari,* Umberto Piarulli,*

Johannes G. de Vries, André H. M. de Vries, Laurent Lefort

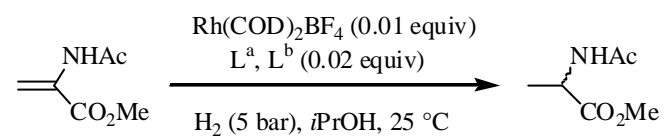
Table A: Rh-catalysed hydrogenation of methyl 2-acetamidoacrylate.

Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Yield (%)	ee (%)	Abs. Config.
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	100	12	<i>S</i>
2	2 -P(O) ₂ O	2 -P(O) ₂ O	100	12	<i>R</i>
3	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	25	<i>R</i>
4	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	80	53	<i>S</i>
5	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	100	55	<i>R</i>
6	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	100	48	<i>R</i>
7	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	rac	
8	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	36	<i>S</i>
9	12 -P(O) ₂ N	12 -P(O) ₂ N	10	52	<i>R</i>
10	13 -P(O) ₂ N	13 -P(O) ₂ N	10	52	<i>S</i>
11	14 -P(O) ₂ N	14 -P(O) ₂ N	100	44	<i>S</i>
12	15 -P(O) ₂ N	15 -P(O) ₂ N	100	44	<i>R</i>
13	16 -P(O) ₂ N	16 -P(O) ₂ N	9	rac	
14	17 -P(O) ₂ N	17 -P(O) ₂ N	20	rac	
15	18 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	25	16	<i>S</i>
16	19 -P(O) ₂ N	19 -P(O) ₂ N	35	10	<i>R</i>
17	1 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	26	<i>S</i>
18	1 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	100	38	<i>S</i>
19	1 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	100	29	<i>R</i>
20	1 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	15	7	<i>S</i>
21	1 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	10	<i>S</i>
22	1 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	rac	
23	1 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	50	72	<i>R</i>
24	1 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	25	55	<i>R</i>
25	1 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	34	<i>S</i>
26	1 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	24	<i>S</i>
27	1 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	70	24	<i>S</i>
28	1 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	10	rac	
29	1 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	50	rac	
30	1 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	80	3	<i>S</i>
31	2 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	26	<i>R</i>
32	2 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	80	37	<i>S</i>
33	2 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	0	nd	
34	2 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	100	15	<i>R</i>
35	2 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	10	<i>R</i>
36	2 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	12	<i>R</i>
37	3 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	100	8	<i>S</i>
38	3 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	9	<i>R</i>
39	3 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	26	<i>R</i>
40	3 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	30	68	<i>R</i>

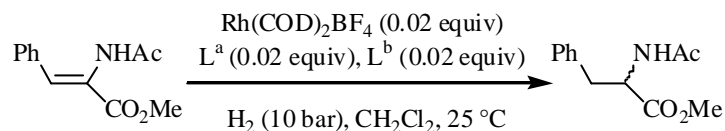
41	3-P(O)₂O	13-P(O)₂N	40	73	<i>S</i>
42	3-P(O)₂O	14-P(O)₂N	0	nd	
43	3-P(O)₂O	15-P(O)₂N	0	nd	
44	3-P(O)₂O	16-P(O)₂N	10	7	<i>R</i>
45	3-P(O)₂O	17-P(O)₂N	10	6	<i>S</i>
46	3-P(O)₂O	18-P(O)₂N	50	rac	
47	3-P(O)₂O	19-P(O)₂N	50	rac	
48	3-P(O)₂O	7-P(O)₂O	100	9	<i>R</i>
49	3-P(O)₂O	8-P(O)₂O	100	26	<i>R</i>
50	4-P(O)₂O	5-P(O)₂O	100	22	<i>R</i>
51	4-P(O)₂O	6-P(O)₂O	100	24	<i>R</i>
52	4-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	35	<i>R</i>
53	4-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	86	<i>S</i>
54	4-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	63	<i>S</i>
55	4-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	28	<i>S</i>
56	4-P(O)₂O	16-P(O)₂N	45	49	<i>S</i>
57	4-P(O)₂O	17-P(O)₂N	5	12	<i>S</i>
58	4-P(O)₂O	18-P(O)₂N	50	33	<i>S</i>
59	4-P(O)₂O	19-P(O)₂N	98	54	<i>S</i>
60	5-P(O)₂O	6-P(O)₂O	100	55	<i>R</i>
61	5-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	60	<i>R</i>
62	5-P(O)₂O	13-P(O)₂N	75	22	<i>S</i>
63	5-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	6	<i>S</i>
64	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	0	nd	
65	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	75	40	<i>R</i>
66	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	30	28	<i>R</i>
67	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	45	14	<i>S</i>
68	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	43	<i>R</i>
69	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N	90	64	<i>R</i>
70	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	21	<i>R</i>
71	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	18	<i>S</i>
72	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	45	<i>R</i>
73	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	46	<i>R</i>
74	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	15	17	<i>R</i>
75	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	25	14	<i>S</i>
76	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	21	<i>R</i>
77	7-P(O)₂O	8-P(O)₂O	100	20	<i>S</i>
78	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	10	22	<i>R</i>
79	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	5	16	<i>S</i>
80	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	38	<i>S</i>
81	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	26	<i>R</i>
82	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	20	6	<i>S</i>
83	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	40	rac	
84	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	31	<i>R</i>
85	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	32	<i>S</i>
86	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	10	40	<i>R</i>
87	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	40	32	<i>S</i>
88	8-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	47	<i>S</i>

89	8 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	26	<i>R</i>
90	8 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	25	rac	
91	8 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	20	6	<i>S</i>
92	8 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	95	14	<i>S</i>
93	8 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	20	<i>S</i>
94	13 -P(O) ₂ N	14 -P(O) ₂ N	25	rac	
95	13 -P(O) ₂ N	15 -P(O) ₂ N	25	16	<i>S</i>
96	13 -P(O) ₂ N	16 -P(O) ₂ N	0	nd	
97	13 -P(O) ₂ N	17 -P(O) ₂ N	2	rac	
98	13 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	5	rac	
99	13 -P(O) ₂ N	19 -P(O) ₂ N	0	nd	
100	14 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	30	61	<i>S</i>
101	14 -P(O) ₂ N	19 -P(O) ₂ N	15	35	<i>S</i>

Table B: Rh-catalysed hydrogenation of methyl 2-acetamidoacrylate: L^a / L^b ratio.



Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	L ^a / L ^b	Yield (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	2 / 0	100	61	<i>S</i>
2	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	1.5 / 0.5	100	73	<i>S</i>
3	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	1 / 1	100	94	<i>S</i>
4	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0.5 / 1.5	100	97	<i>S</i>
5	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0.25 / 1.75	100	98	<i>S</i>
6	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0 / 2	3	89	<i>S</i>

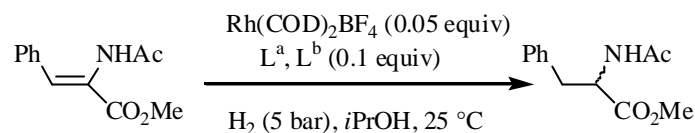
Table C: Rh-catalysed hydrogenation of methyl 2-acetamidocinnamate.

Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Conv (%)	ee (%)	Abs. Config.
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	100	5	<i>R</i>
2	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	29	<i>R</i>
3	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	100	64	<i>S</i>
4	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	100	51	<i>R</i>
5	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	100	19	<i>R</i>
6	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	9	<i>S</i>
7	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	16	<i>R</i>
8	9 -P(O) ₂ O	9 -P(O) ₂ O	100	7	<i>S</i>
9	10 -P(O) ₂ O	10 -P(O) ₂ O	100	2	<i>R</i>
10	11 -P(O) ₂ O	11 -P(O) ₂ O	100	40	<i>S</i>
11	12 -P(O) ₂ N	12 -P(O) ₂ N	2	6	<i>R</i>
12	14 -P(O) ₂ N	14 -P(O) ₂ N	100	39	<i>S</i>
13	16 -P(O) ₂ N	16 -P(O) ₂ N	39	1	<i>S</i>
14	18 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	73	31	<i>S</i>
15	1 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	92	49	<i>R</i>
16	1 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	98	37	<i>S</i>
17	1 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	6	<i>S</i>
18	1 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	24	<i>R</i>
19	1 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	96	1	<i>R</i>
20	1 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	69	5	<i>R</i>
21	1 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	22	<i>S</i>
22	1 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	24	<i>R</i>
23	3 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	29	<i>R</i>
24	3 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	25	<i>R</i>
25	3 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	7	<i>R</i>
26	3 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	26	<i>R</i>
27	3 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	22	<i>R</i>
28	3 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	79	12	<i>R</i>
29	3 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	12	<i>R</i>
30	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	35	<i>R</i>
31	4 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	55	13	<i>R</i>
32	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	82	85	<i>S</i>
33	4 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	54	<i>S</i>
34	4 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	20	<i>S</i>
35	4 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	67	38	<i>S</i>
36	4 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	16	51	<i>S</i>
37	4 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	58	54	<i>S</i>
38	4 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	77	28	<i>S</i>
39	5 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	40	<i>R</i>
40	5 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	2	<i>R</i>
41	5 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	9	<i>R</i>

42	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	35	<i>R</i>
43	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	35	<i>R</i>
44	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	60	12	<i>R</i>
45	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	43	<i>S</i>
46	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	69	<i>R</i>
47	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N	49	39	<i>R</i>
48	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	37	46	<i>S</i>
49	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	19	<i>S</i>
50	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	31	<i>R</i>
51	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	73	14	<i>R</i>
52	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	11	17	<i>R</i>
53	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	66	16	<i>S</i>
54	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	64	<i>R</i>
55	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	7.1	2	<i>S</i>
56	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	29	11	<i>S</i>
57	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	47	<i>S</i>
58	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	33	<i>R</i>
59	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	5	<i>S</i>
60	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
61	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	17	<i>S</i>
62	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	6	<i>S</i>
63	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	80	4	<i>R</i>
64	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	78	10	<i>R</i>
65	8-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	49	<i>S</i>
66	8-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	35	<i>R</i>
67	8-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	4	<i>R</i>
68	8-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	9	<i>R</i>
69	8-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	2	<i>R</i>
70	8-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	13	<i>R</i>
71	9-P(O)₂O	12-P(O)₂N	82	27	<i>R</i>
72	9-P(O)₂O	13-P(O)₂N	83	42	<i>S</i>
73	9-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	17	<i>S</i>
74	9-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	4	<i>S</i>
75	9-P(O)₂O	16-P(O)₂N	61	1	<i>S</i>
76	9-P(O)₂O	17-P(O)₂N	26	4	<i>S</i>
77	9-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	38	<i>S</i>
78	9-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	38	<i>R</i>
79	10-P(O)₂O	12-P(O)₂N	71	45	<i>R</i>
80	10-P(O)₂O	13-P(O)₂N	88	61	<i>S</i>
81	10-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	24	<i>S</i>
82	10-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	2	<i>R</i>
83	10-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	1	<i>S</i>
84	10-P(O)₂O	17-P(O)₂N	96	2	<i>S</i>
85	10-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	9	<i>S</i>
86	10-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	6	<i>R</i>
87	11-P(O)₂O	12-P(O)₂N	56	3	<i>S</i>
88	11-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	32	<i>S</i>
89	11-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	31	<i>S</i>

90	11 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	2	<i>S</i>
91	11 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	43	11	<i>S</i>
92	11 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	40	21	<i>S</i>
93	11 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	27	<i>S</i>
94	11 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	15	<i>S</i>

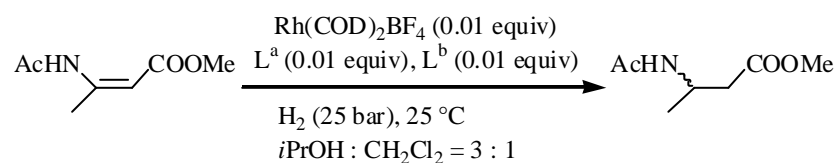
Table D: Rh-catalysed hydrogenation of methyl 2-acetamidocinnamate: L^a / L^b ratio.



Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	L ^a / L ^b	Yield (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	2 / 0	100	21	<i>R</i>
2	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	1.5 / 0.5	100	21	<i>R</i>
3	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	1 / 1	100	34	<i>R</i>
4	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	0.75 / 1.25	100	43	<i>R</i>
5	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	0.5 / 1.5	46	51	<i>R</i>
6	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	0.25 / 1.75	40	59	<i>R</i>
7	6 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	0 / 2	2	30	<i>R</i>

Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	L ^a / L ^b	Yield (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	2 / 0	100	79	<i>S</i>
2	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	1.5 / 0.5	100	82.5	<i>S</i>
3	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	1 / 1	100	95	<i>S</i>
4	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0.75 / 1.25	100	95.5	<i>S</i>
5	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0.5 / 1.5	95	96.7	<i>S</i>
6	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0.25 / 1.75	79	98	<i>S</i>
7	4 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	0 / 2	2	36	<i>S</i>

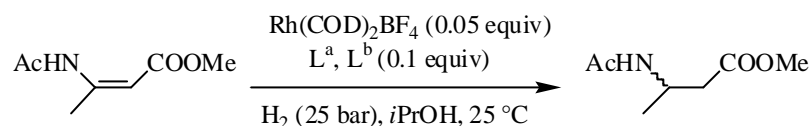
Table E: Rh-catalysed hydrogenation of methyl (Z)-3-acetamidocrotonate.



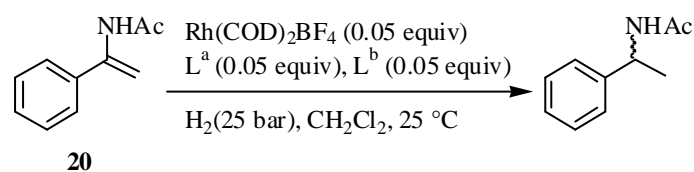
Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Conv (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	100	3	<i>R</i>
2	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	19	<i>R</i>
3	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	100	24	<i>S</i>
4	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	100	16	<i>R</i>
5	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	100	11	<i>R</i>
6	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	4	<i>R</i>
7	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	4	<i>R</i>
8	9 -P(O) ₂ O	9 -P(O) ₂ O	100	36	<i>R</i>
9	10 -P(O) ₂ O	10 -P(O) ₂ O	100	2	<i>R</i>

10	11-P(O)₂O	11-P(O)₂O	100	7	<i>S</i>
11	12-P(O)₂N	12-P(O)₂N	2	2	<i>R</i>
12	14-P(O)₂N	14-P(O)₂N	44	5	<i>S</i>
13	16-P(O)₂N	16-P(O)₂N	81	1	<i>R</i>
14	18-P(O)₂N	18-P(O)₂N	100	8	<i>S</i>
15	1-P(O)₂O	12-P(O)₂N	31	11	<i>R</i>
16	1-P(O)₂O	13-P(O)₂N	45	6	<i>S</i>
17	1-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	24	<i>S</i>
18	1-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	8	<i>R</i>
19	1-P(O)₂O	16-P(O)₂N	74	2	<i>S</i>
20	1-P(O)₂O	17-P(O)₂N	82	1	<i>S</i>
21	1-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	37	<i>S</i>
22	1-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	28	<i>R</i>
23	3-P(O)₂O	12-P(O)₂N	43	4	<i>R</i>
24	3-P(O)₂O	13-P(O)₂N	46	6	<i>S</i>
25	3-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	5	<i>S</i>
26	3-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	30	<i>R</i>
27	3-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	3	<i>S</i>
28	3-P(O)₂O	17-P(O)₂N	72	rac	
29	3-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	28	<i>S</i>
30	3-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	43	<i>R</i>
31	4-P(O)₂O	12-P(O)₂N	7	42	<i>S</i>
32	4-P(O)₂O	13-P(O)₂N	13	29	<i>S</i>
33	4-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	12	<i>S</i>
34	4-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
35	4-P(O)₂O	16-P(O)₂N	96	7	<i>S</i>
36	4-P(O)₂O	17-P(O)₂N	59	4	<i>S</i>
37	4-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	19	<i>S</i>
38	4-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	21	<i>R</i>
39	5-P(O)₂O	12-P(O)₂N	58	rac	
40	5-P(O)₂O	13-P(O)₂N	72	8	<i>S</i>
41	5-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	14	<i>S</i>
42	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	23	<i>R</i>
43	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	5	<i>S</i>
44	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	72	rac	
45	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	35	<i>S</i>
46	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	45	<i>R</i>
47	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N	21	1	<i>S</i>
48	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	24	1	<i>R</i>
49	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	4	<i>S</i>
50	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	20	<i>R</i>
51	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	8	<i>S</i>
52	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	64	rac	
53	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
54	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	27	<i>R</i>
55	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	3	<i>S</i>
56	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	8	<i>R</i>
57	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	9	<i>S</i>

58	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	rac	
59	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	2	<i>R</i>
60	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	71	3	<i>R</i>
61	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
62	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	5	<i>R</i>
63	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	63	4	<i>R</i>
64	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	83	5	<i>R</i>
65	8-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	24	<i>S</i>
66	8-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
67	8-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	5	<i>S</i>
68	8-P(O)₂O	17-P(O)₂N	84	7	<i>S</i>
69	8-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	4	<i>S</i>
70	8-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
71	9-P(O)₂O	12-P(O)₂N	68	5	<i>R</i>
72	9-P(O)₂O	13-P(O)₂N	75	2	<i>S</i>
73	9-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	2	<i>R</i>
74	9-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	34	<i>R</i>
75	9-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	1	<i>R</i>
76	9-P(O)₂O	17-P(O)₂N	74	2	<i>R</i>
77	9-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	26	<i>S</i>
78	9-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	41	<i>R</i>
79	10-P(O)₂O	12-P(O)₂N	60	3	<i>S</i>
80	10-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	rac	
81	10-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	25	<i>S</i>
82	10-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	16	<i>S</i>
83	10-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	rac	
84	10-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	rac	
85	10-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	14	<i>S</i>
86	10-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	11	<i>R</i>
87	11-P(O)₂O	12-P(O)₂N	10	2	<i>S</i>
88	11-P(O)₂O	13-P(O)₂N	27	rac	
89	11-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	17	<i>S</i>
90	11-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	3	<i>S</i>
91	11-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	rac	
92	11-P(O)₂O	17-P(O)₂N	91	rac	
93	11-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	33	<i>S</i>
94	11-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	20	<i>R</i>

Table F: Rh-catalysed hydrogenation of methyl (*Z*)-3-acetamidocrotonate: L^a / L^b ratio.

Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	L ^a / L ^b	Yield (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	2 / 0	100	19	<i>R</i>
2	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	1.5 / 0.5	92	44	<i>R</i>
3	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	1 / 1	100	71	<i>R</i>
4	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	0.5 / 1.5	83	60	<i>R</i>
5	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	0.25 / 1.75	89	35	<i>R</i>
6	3 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	0 / 2	91	22	<i>R</i>

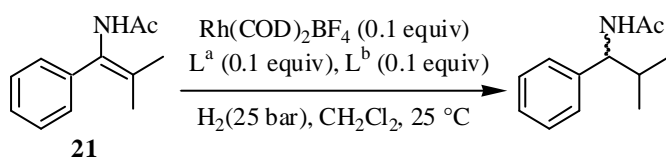
Table G: Rh-catalysed hydrogenation of enamide **20**.

Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Conv (%)	<i>ee</i> (%)	Abs. Config.
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	100	40	<i>S</i>
2	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	10	<i>R</i>
3	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	100	85	<i>S</i>
4	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	0	nd	
5	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	100	40	<i>R</i>
6	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	36	<i>S</i>
7	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	35	<i>S</i>
8	9 -P(O) ₂ O	9 -P(O) ₂ O	100	50	<i>S</i>
9	10 -P(O) ₂ O	10 -P(O) ₂ O	100	26	<i>S</i>
10	11 -P(O) ₂ O	11 -P(O) ₂ O	100	75	<i>S</i>
11	12 -P(O) ₂ N	12 -P(O) ₂ N	12	19	<i>S</i>
12	14 -P(O) ₂ N	14 -P(O) ₂ N	100	46	<i>S</i>
13	16 -P(O) ₂ N	16 -P(O) ₂ N	96	23	<i>S</i>
14	18 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	100	21	<i>S</i>
15	1 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	33	<i>S</i>
16	1 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	53	<i>S</i>
17	1 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	52	<i>S</i>
18	1 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	46	<i>S</i>
19	1 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	45	<i>S</i>
20	1 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	100	51	<i>S</i>
21	1 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	64	<i>S</i>
22	1 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	44	<i>S</i>
23	3 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	33	<i>R</i>
24	3 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	8	<i>S</i>

25	3-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
26	3-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	7	<i>S</i>
27	3-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	7	<i>S</i>
28	3-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	30	<i>S</i>
29	3-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	23	<i>S</i>
30	3-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	22	<i>S</i>
31	4-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	79	<i>S</i>
32	4-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	82	<i>S</i>
33	4-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	73	<i>S</i>
34	4-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	61	<i>S</i>
35	4-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	79	<i>S</i>
36	4-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	70	<i>S</i>
37	4-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	74	<i>S</i>
38	4-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	68	<i>S</i>
39	5-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	44	<i>R</i>
40	5-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
41	5-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	13	<i>S</i>
42	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	13	<i>S</i>
43	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	18	<i>S</i>
44	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	29	<i>S</i>
45	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	9	<i>S</i>
46	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	40	<i>S</i>
47	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	26	<i>R</i>
48	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	4	<i>S</i>
49	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	12	<i>S</i>
50	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	10	<i>S</i>
51	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	3	<i>R</i>
52	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	25	<i>S</i>
53	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	2	<i>R</i>
54	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	46	<i>S</i>
55	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	94	11	<i>S</i>
56	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	94	27	<i>S</i>
57	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	42	<i>S</i>
58	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	30	<i>S</i>
59	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	25	<i>S</i>
60	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	99	37	<i>S</i>
61	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	28	<i>S</i>
62	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	49	<i>S</i>
63	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	94	4	<i>S</i>
64	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	97	28	<i>S</i>
65	8-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	66	<i>S</i>
66	8-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	25	<i>S</i>
67	8-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
68	8-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	40	<i>S</i>
69	8-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	31	<i>S</i>
70	8-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	46	<i>S</i>
71	9-P(O)₂O	12-P(O)₂N	100	20	<i>S</i>
72	9-P(O)₂O	13-P(O)₂N	100	38	<i>S</i>

73	9 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	39	<i>S</i>
74	9 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	16	<i>S</i>
75	9 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	19	<i>S</i>
76	9 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	100	38	<i>S</i>
77	9 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	38	<i>S</i>
78	9 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	46	<i>S</i>
79	10 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	15	<i>R</i>
80	10 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	14	<i>S</i>
81	10 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	34	<i>S</i>
82	10 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	22	<i>S</i>
83	10 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	5	<i>S</i>
84	10 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	100	24	<i>S</i>
85	10 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	10	<i>S</i>
86	10 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	42	<i>S</i>
87	11 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	100	50	<i>S</i>
88	11 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	100	65	<i>S</i>
89	11 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	53	<i>S</i>
90	11 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	100	58	<i>S</i>
91	11 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	57	<i>S</i>
92	11 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	100	58	<i>S</i>
93	11 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	41	<i>S</i>
94	11 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	100	69	<i>S</i>

Table H: Rh-catalysed hydrogenation of enamide **21**.

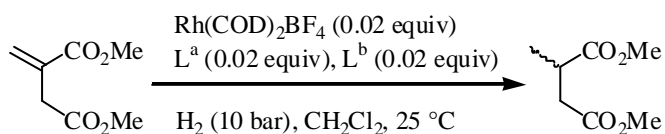


Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Conv (%)	<i>ee</i> (%)
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	58	-23
2	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	93	-12
3	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	19	-16
4	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	82	-25
5	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	29	-14
6	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	-12
7	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	65	19
8	9 -P(O) ₂ O	9 -P(O) ₂ O	99	-10
9	10 -P(O) ₂ O	10 -P(O) ₂ O	45	-16
10	11 -P(O) ₂ O	11 -P(O) ₂ O	98	-15
11	12 -P(O) ₂ N	12 -P(O) ₂ N	6	6
12	14 -P(O) ₂ N	14 -P(O) ₂ N	64	-14
13	16 -P(O) ₂ N	16 -P(O) ₂ N	37	-20
14	18 -P(O) ₂ N	18 -P(O) ₂ N	40	-35
15	1 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N		
16	1 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	42	-33

17	1-P(O)₂O	14-P(O)₂N	82	-35
18	1-P(O)₂O	15-P(O)₂N	64	-23
19	1-P(O)₂O	16-P(O)₂N		
20	1-P(O)₂O	17-P(O)₂N	48	-10
21	1-P(O)₂O	18-P(O)₂N	72	-39
22	1-P(O)₂O	19-P(O)₂N	80	-16
23	3-P(O)₂O	12-P(O)₂N	6	2
24	3-P(O)₂O	13-P(O)₂N	29	-30
25	3-P(O)₂O	14-P(O)₂N	91	-21
26	3-P(O)₂O	15-P(O)₂N	84	-16
27	3-P(O)₂O	16-P(O)₂N	60	-9
28	3-P(O)₂O	17-P(O)₂N	34	-7
29	3-P(O)₂O	18-P(O)₂N	91	-22
30	3-P(O)₂O	19-P(O)₂N	91	-12
31	4-P(O)₂O	12-P(O)₂N		
32	4-P(O)₂O	13-P(O)₂N	15	-24
33	4-P(O)₂O	14-P(O)₂N	34	-12
34	4-P(O)₂O	15-P(O)₂N	42	-16
35	4-P(O)₂O	16-P(O)₂N	30	-5
36	4-P(O)₂O	17-P(O)₂N	18	2
37	4-P(O)₂O	18-P(O)₂N	33	-21
38	4-P(O)₂O	19-P(O)₂N	43	-3
39	5-P(O)₂O	12-P(O)₂N	4	-1
40	5-P(O)₂O	13-P(O)₂N	14	-14
41	5-P(O)₂O	14-P(O)₂N	72	-21
42	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	65	-8
43	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	40	-4
44	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	13	-3
45	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	80	-25
46	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	75	-10
47	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N		
48	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	8	-14
49	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	51	-10
50	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	43	-13
51	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	45	-9
52	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	8	-5
53	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	40	-16
54	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	43	-7
55	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	30	-1
56	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	35	-4
57	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	80	-3
58	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	74	-3
59	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	76	-7
60	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	6	3
61	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	78	-9
62	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	74	-4
63	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	55	36
64	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	60	27

65	8 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	95	-15
66	8 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	89	-2
67	8 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	81	10
68	8 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	5	1
69	8 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	92	5
70	8 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	87	13
71	9 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	19	28
72	9 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	33	13
73	9 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	-17
74	9 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	93	-1
75	9 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N		
76	9 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	4	5
77	9 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	-27
78	9 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	91	9
79	10 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	10	29
80	10 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	22	13
81	10 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	99	-19
82	10 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	97	-9
83	10 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	94	-5
84	10 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	6	-9
85	10 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	-38
86	10 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	96	0
87	11 -P(O) ₂ O	12 -P(O) ₂ N	14	0
88	11 -P(O) ₂ O	13 -P(O) ₂ N	46	-17
89	11 -P(O) ₂ O	14 -P(O) ₂ N	100	-30
90	11 -P(O) ₂ O	15 -P(O) ₂ N	99	-17
91	11 -P(O) ₂ O	16 -P(O) ₂ N	100	-26
92	11 -P(O) ₂ O	17 -P(O) ₂ N	12	-16
93	11 -P(O) ₂ O	18 -P(O) ₂ N	100	-47
94	11 -P(O) ₂ O	19 -P(O) ₂ N	97	5

Table I: Rh-catalysed hydrogenation of dimethyl itaconate.



Entry	Ligand L ^a	Ligand L ^b	Conv (%)	ee (%)	Abs. Config.
1	1 -P(O) ₂ O	1 -P(O) ₂ O	100	39	<i>R</i>
2	3 -P(O) ₂ O	3 -P(O) ₂ O	100	27	<i>S</i>
3	4 -P(O) ₂ O	4 -P(O) ₂ O	25	69	<i>R</i>
4	5 -P(O) ₂ O	5 -P(O) ₂ O	100	46	<i>S</i>
5	6 -P(O) ₂ O	6 -P(O) ₂ O	90	74	<i>S</i>
6	7 -P(O) ₂ O	7 -P(O) ₂ O	100	2	<i>R</i>
7	8 -P(O) ₂ O	8 -P(O) ₂ O	100	8	<i>S</i>
8	9 -P(O) ₂ O	9 -P(O) ₂ O	100	60	<i>S</i>

9	10-P(O)₂O	10-P(O)₂O	100	31	<i>R</i>
10	11-P(O)₂O	11-P(O)₂O	100	72	<i>R</i>
11	12-P(O)₂N	12-P(O)₂N	0	nd	
12	14-P(O)₂N	14-P(O)₂N	79	3	<i>R</i>
13	16-P(O)₂N	16-P(O)₂N	3	2	<i>R</i>
14	18-P(O)₂N	18-P(O)₂N	94	75	<i>S</i>
15	1-P(O)₂O	12-P(O)₂N	4	nd	
16	1-P(O)₂O	13-P(O)₂N	96	35	<i>R</i>
17	1-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	38	<i>R</i>
18	1-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	28	<i>R</i>
19	1-P(O)₂O	16-P(O)₂N	9	8	<i>R</i>
20	1-P(O)₂O	17-P(O)₂N	26	26	<i>R</i>
21	1-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	8	<i>S</i>
22	1-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	30	<i>R</i>
23	3-P(O)₂O	12-P(O)₂N	87	12	<i>S</i>
24	3-P(O)₂O	13-P(O)₂N	91	14	<i>S</i>
25	3-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	13	<i>S</i>
26	3-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	26	<i>S</i>
27	3-P(O)₂O	16-P(O)₂N	32	12	<i>S</i>
28	3-P(O)₂O	17-P(O)₂N	26	14	<i>S</i>
29	3-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	52	<i>S</i>
30	3-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	26	<i>R</i>
31	4-P(O)₂O	12-P(O)₂N	3	40	<i>R</i>
32	4-P(O)₂O	13-P(O)₂N	4	56	<i>R</i>
33	4-P(O)₂O	14-P(O)₂N	50	33	<i>R</i>
34	4-P(O)₂O	15-P(O)₂N	45	17	<i>R</i>
35	4-P(O)₂O	16-P(O)₂N	5	54	<i>R</i>
36	4-P(O)₂O	17-P(O)₂N	0	nd	
37	4-P(O)₂O	18-P(O)₂N	61	20	<i>S</i>
38	4-P(O)₂O	19-P(O)₂N	26	55	<i>R</i>
39	5-P(O)₂O	12-P(O)₂N	76	15	<i>S</i>
40	5-P(O)₂O	13-P(O)₂N	84	22	<i>S</i>
41	5-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	31	<i>S</i>
42	5-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	44	<i>S</i>
43	5-P(O)₂O	16-P(O)₂N	59	21	<i>S</i>
44	5-P(O)₂O	17-P(O)₂N	35	20	<i>S</i>
45	5-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	63	<i>S</i>
46	5-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	0	<i>R</i>
47	6-P(O)₂O	12-P(O)₂N	4	14	<i>S</i>
48	6-P(O)₂O	13-P(O)₂N	0	nd	
49	6-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	18	<i>S</i>
50	6-P(O)₂O	15-P(O)₂N	93	44	<i>S</i>
51	6-P(O)₂O	16-P(O)₂N	6	15	<i>S</i>
52	6-P(O)₂O	17-P(O)₂N	5	17	<i>S</i>
53	6-P(O)₂O	18-P(O)₂N	53	57	<i>S</i>
54	6-P(O)₂O	19-P(O)₂N	36	42	<i>R</i>
55	7-P(O)₂O	12-P(O)₂N	81	6	<i>R</i>
56	7-P(O)₂O	13-P(O)₂N	63	13	<i>R</i>

57	7-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	23	<i>R</i>
58	7-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
59	7-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	10	<i>R</i>
60	7-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	4	<i>R</i>
61	7-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	2	<i>S</i>
62	7-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	5	<i>R</i>
63	8-P(O)₂O	12-P(O)₂N	49	4	<i>S</i>
64	8-P(O)₂O	13-P(O)₂N	68	3	<i>S</i>
65	8-P(O)₂O	14-P(O)₂N	98	53	<i>R</i>
66	8-P(O)₂O	15-P(O)₂N	91	9	<i>R</i>
67	8-P(O)₂O	16-P(O)₂N	100	1	<i>S</i>
68	8-P(O)₂O	17-P(O)₂N	100	4	<i>S</i>
69	8-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	3	<i>S</i>
70	8-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	0	<i>S</i>
71	9-P(O)₂O	12-P(O)₂N	5	25	<i>S</i>
72	9-P(O)₂O	13-P(O)₂N	5	35	<i>S</i>
73	9-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	55	<i>S</i>
74	9-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	59	<i>S</i>
75	9-P(O)₂O	16-P(O)₂N	7	43	<i>S</i>
76	9-P(O)₂O	17-P(O)₂N	9	54	<i>S</i>
77	9-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	55	<i>S</i>
78	9-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	15	<i>S</i>
79	10-P(O)₂O	12-P(O)₂N	0	nd	
80	10-P(O)₂O	13-P(O)₂N	10	30	<i>R</i>
81	10-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	27	<i>R</i>
82	10-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	16	<i>R</i>
83	10-P(O)₂O	16-P(O)₂N	67	19	<i>R</i>
84	10-P(O)₂O	17-P(O)₂N	27	19	<i>R</i>
85	10-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	12	<i>S</i>
86	10-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	25	<i>R</i>
87	11-P(O)₂O	12-P(O)₂N	32	62	<i>R</i>
88	11-P(O)₂O	13-P(O)₂N	62	66	<i>R</i>
89	11-P(O)₂O	14-P(O)₂N	100	43	<i>R</i>
90	11-P(O)₂O	15-P(O)₂N	100	36	<i>R</i>
91	11-P(O)₂O	16-P(O)₂N	40	61	<i>R</i>
92	11-P(O)₂O	17-P(O)₂N	30	59	<i>R</i>
93	11-P(O)₂O	18-P(O)₂N	100	27	<i>R</i>
94	11-P(O)₂O	19-P(O)₂N	100	58	<i>R</i>
